



TITLE:

オープンエンドな進化(Emergence and Open-ended evolution,基研長期研究会「複雑系2」～物理から生物・進化・ゲームへ～,研究会報告)

AUTHOR(S):

池上, 高志

CITATION:

池上, 高志. オープンエンドな進化(Emergence and Open-ended evolution,基研長期研究会「複雑系2」～物理から生物・進化・ゲームへ～,研究会報告). 物性研究 1994, 61(5): 413-414

ISSUE DATE:

1994-02-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/95246>

RIGHT:

オープンエンドな進化

池上高志

神戸大学自然科学研究科

1 構成論的アプローチ

経済や生物現象にみられる『進化する系』という特徴を取り上げ理解するためには、いままでとは異なった理解や記述の仕方が求められる。例えばタンパクの折り畳みの問題を考えた場合、機能を獲得し完成されたタンパクの折り畳み構造は一般に複雑なものとなる。しかし現在の複雑なタンパクの構造も単純なものから組み立てられたと仮定し、その構成の仕方から理解しようとするならばどうだろうか。四方さんの実験[1]がしめすように現存するタンパクや酵素が特に最適なものでないのであれば、できあがったタンパクを適応度関数の準安定な状態として理解しようという試みは意味のないものとなるだろう。一方で現存するタンパクはそれが作られた歴史性を強く反映しているはずなので、その作られた歴史性を通して現在の複雑な成り立ちを理解しようというアプローチが考えられる。時田さんの発表[2]にあった、単純なタンパクから順々に合体して複雑なタンパクを組み立てるモデルは、そのタンパクの歴史性を考慮したモデルである。最終的に出現する複雑なランドスケープを計算しなくても最適適応度構造を実現できる。

このような構成論的なアプローチは特に自己発展する系において重要なアプローチの仕方だと思われる。それは自己発展する系というものは、普遍性よりもその系の発展してきた歴史性を強く反映するものであるから、「まず作ってみる」ことが理解に通じるからである。さらにいえば系の外側からの矛盾なき記述を不可能としてしまうものが自己発展系であるならば、矛盾なく外側からデザインされたシステムは自己発展系にはなれないだろう。計算機の内部という閉じた人工世界において自己発展系を構成できるかどうかを問題にする時、それはひとつの基礎方程式による記述というより多くの場合複雑なプログラム（タスク）による記述としてデザインされるだろう。こうしたプログラムの振る舞いは、事前にすべてのインプット/アウトプットの関係が実質的にチェックできないという意味で、プログラマーが予期できないバグを抱えているはずである。系の自律的發展はこのようなバグ (Creative Bug) を通じて派生し初期のデザインを変更しつづける可能性があると考えている。

2 オープンエンドな進化とエマージェンス

現実の生物界は原核から真核生物へ、単細胞から多細胞へとシステムを進化させ、さらには言語や文化という遺伝子以外の垂直方向の情報の担い手をも進化させ、その多様性は広がる一方である。これにくらべ人工世界は容易に固定点に落込んでしまうという問題がある。例えば繰り返し囚人のジレンマ・ゲームにおける戦略の進化を例にとると、(ティット・フォー・タット) T f T という単純だがやられにくい戦略に向かうか、運が悪いと All-D(つねに裏切る) という凶悪戦略に発展してしまうことが示される [3]。これらの戦略の出現と進化の停止がこの人工世界における進化ゲームの固定点である。なぜこんな固定点が出現してしまうのか。

ひとつはゲームの性質によるということが考えられる。もしこのゲームが3かけ3のマス目に○×を置く単純3並べのようなものならばそれは自明である。一方で囲碁や将棋はいまだに良い戦略が生み出され続けている。編み出される多様な戦略はこれらのゲームの深さを示していると思われるが、そこにはどの程度の複雑さが要求されているのだろうか。

固定点にいてしまうことの考えられるもうひとつの理由は戦略の発展のさせ方である。弱い戦略の取り除き方や変異のさせ方は進化の行方を大きく左右する。いい戦略が考え出せないために進化がとまってしまう場合もあれば、逆に進化のさせ方が賢くないがゆえに豊富な戦略が生れることもあるだろう。現在計算機内の進化のさせ方として普及している遺伝的アルゴリズムは最適化問題ではない状況下でも多様性を産み出すという意味において有効であろうか。われわれは大自由度の弱いカオス(ホメオカオス) [4] が多様性を産み出す機構となりうることを示した。しかし状態空間がどんどん広がっていく場合には通常のカオスの考えはそのままでは使えない。金子さんがいう開放カオスのアイデア [5] はどの程度有効だろうか。これらは今後の研究の課題である。

ゲームの構造と戦略の発展のダイナミクス、このふたつがどんな形で与えられるかに注目することで固定点を自律的にさけて多様性を生み出すオープンエンド進化 (“Open-ended Evolution”) を人工世界の中につくりだせるかもしれない。オープンエンドな進化の機構はゲームに限らず人工世界の進化に与えられるべきエンジンである。このことはまた閉じた世界にも予測不能な新奇性や技術革新は起こせるかどうかという “Emergence” (創発性) の問題として複雑系の重要なテーマである。このセッションでは人工世界における、言語の生成ネットワーク・貨幣経済の生成と崩壊・疑似植物の進化の研究を通じてそのテーマをみていくことにしたい。

参考文献

- [1] 四方哲也、「タンパク質の機能と凹凸な地形」(物性研究この号)。
- [2] 時田恵一郎、「From SK model to Protein Folding」(物性研究この号)。
- [3] R.Axelrod, 「つきあい方の科学」(H B J 出版)、原題は “The Evolution of Cooperation”。
- [4] 池上高志, 「進化機構の進化とホメオカオス」(物性研究この号)。K.Kaneko and T.Ikegami, Physica D 56 (1992) 406., T.Ikegami and K.Kaneko, CHAOS 2 (1992) 397.
- [5] 金子邦彦, 「複雑系研究会講演のメモ」(物性研究この号)。